



①⑨ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 198 36 139 A 1**

⑤ Int. Cl.<sup>6</sup>:  
**B 60 T 7/06**

⑳ Aktenzeichen: 198 36 139.4  
㉑ Anmeldetag: 10. 8. 98  
㉒ Offenlegungstag: 4. 3. 99



DE 198 36 139 A 1

③⑩ Unionspriorität:

9-215011 08. 08. 97 JP  
10-220827 04. 08. 98 JP

㉑ Anmelder:

Toyota Jidosha K.K., Toyota, Aichi, JP

㉒ Vertreter:

WINTER, BRANDL, FÜRNISS, HÜBNER, RÖSS,  
KAISER, POLTE, KINDERMANN, Partnerschaft,  
85354 Freising

㉓ Erfinder:

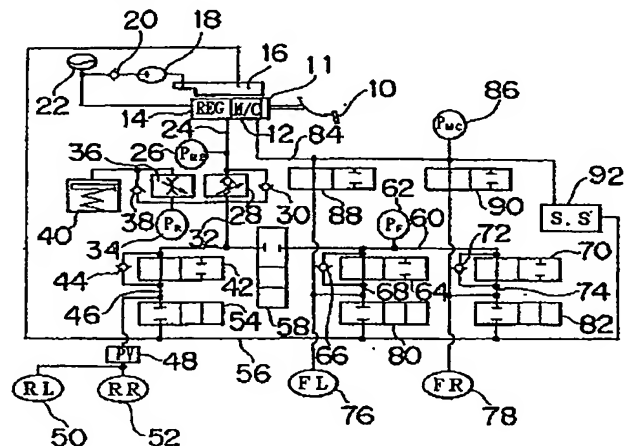
Otomo, Akihiro, Toyota, Aichi, JP

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

㉔ Bremshubsimulator und Verfahren zur Simulation eines Bremshubes

㉕ Die Erfindung betrifft einen Bremshubsimulator 92 zum Erhalt eines guten Bremsbetätigungsgefühls bei einer Fahrzeugbremsvorrichtung. Der Bremshubsimulator 92 weist einen im Ansprechen auf einen Hauptzylinderdruck verschiebbaren ersten Kolben 96 sowie einen in einem Abstand vom ersten Kolben 96 angeordneten zweiten Kolben 108 auf. In einem weiteren Abstand vom zweiten Kolben 108 ist ein Verschlussstopfen 114 angeordnet. Zwischen dem ersten Kolben 96 und dem zweiten Kolben 108 ist eine erste Feder 106 angeordnet, die die Kolben 96, 108 auseinander drückt. Zwischen dem Verschlussstopfen 114 und dem zweiten Kolben 108 ist eine zweite Feder 116 angeordnet, die den zweiten Kolben 108 vom Verschlussstopfen 114 weg drückt. Mit dem erfindungsgemäßen Bremshubsimulator 92 lassen sich herstellungsbedingte Abweichungen unter den Kennlinien einzelner Bremshubsimulatoren reduzieren.



DE 198 36 139 A 1

## Beschreibung

Auf den Offenbarungsgehalt der am 8. August 1997 eingereichten japanischen Patentanmeldung Nr. HEI 9-215011 einschließlich der Beschreibung, den Ansprüchen, der Zusammenfassung und der Zeichnung wird hierin in vollem Umfang Bezug genommen.

Die Erfindung betrifft im allgemeinen einen Bremshubsimulator und im besonderen einen Bremshubsimulator, mit dem sich im Fall einer elektronisch gesteuerten Bremsvorrichtung eines Kraftfahrzeugs ein gutes Bremsbetätigungsgefühl erhalten läßt.

Eine elektronisch gesteuerte Fahrzeugbremsvorrichtung mit einem Bremshubsimulator ist beispielsweise in der offengelegten japanischen Patentanmeldung Nr. HEI 6-211124 offenbart. Bei dieser Bremsvorrichtung steht der Bremshubsimulator mit einem Hauptzylinder in Verbindung, der im Ansprechen auf eine Bremspedalbetätigungskraft einen entsprechenden Hauptzylinderdruck erzeugt.

Diese herkömmliche Bremsvorrichtung weist eine Hochdruckquelle auf, die ungeachtet dessen, ob eine Bremspedalbetätigungskraft anliegt, kontinuierlich einen bestimmten Bremsfluiddruck erzeugt. Bei einer Betätigung des Bremspedals wird die Verbindung zwischen dem Hauptzylinder und den Radzylindern unterbrochen und der Radzylinderdruck unter Verwendung der Hochdruckquelle als eine Bremsfluiddruckquelle reguliert, sofern das Bremssystem normal arbeitet. Dabei strömt das Bremsfluid vom Hauptzylinder in den Bremshubsimulator.

Der in der vorstehend beschriebenen Bremsvorrichtung vorgesehene Bremshubsimulator weist einen Kolben auf, der unter der Wirkung des Hauptzylinderdrucks verschoben wird, sowie eine Vielzahl von Tellerfedern, die den Kolben in eine Richtung drücken, die der Richtung der unter der Wirkung des Hauptzylinderdrucks verursachten Kraft entgegengerichtet ist. Die Tellerfedern sind hintereinander angeordnet. Wird der Kolben unter der Wirkung des Hauptzylinderdrucks verschoben, erzeugen die Tellerfedern eine Reaktionskraft. Die Verschiebung bzw. der Hub des Kolbens nimmt mit zunehmendem Pedalhub zu. Die durch die Tellerfedern erzeugte Reaktionskraft steigt wiederum mit zunehmendem Hub des Kolbens an. Daher steigt die durch die Tellerfedern erzeugte Reaktionskraft mit zunehmendem Pedalhub an.

Der Hauptzylinderdruck steigt an, wenn die durch die Tellerfedern erzeugte Reaktionskraft ansteigt. Mit einem Anstieg des Hauptzylinderdrucks steigt auch eine auf das Bremspedal übertragene Pedalreaktionskraft an. Der Bremshubsimulator ermöglicht daher mit einer stärkeren Betätigung des Bremspedals einen Anstieg der Pedalreaktionskraft.

Bei einer normalen manuellen Bremsvorrichtung (die hierin nachstehend als "normale Bremsvorrichtung" bezeichnet wird), wird der Hauptzylinderdruck direkt an die Radzylinder angelegt. Diese Vorrichtung zeichnet sich durch eine nicht lineare Beziehung zwischen der Pedalreaktionskraft und dem Pedalhub aus. Ist der Pedalhub im besonderen klein, dann ändert sich die Pedalreaktionskraft in Bezug auf den Pedalhub verhältnismäßig schwach. Ist der Pedalhub groß, dann ändert sich die Pedalreaktionskraft mit einer Änderung des Pedalhub verhältnismäßig stark.

Eine derartige nicht lineare Kennlinie der Pedalreaktionskraft in Bezug auf den Pedalhub, die derjenigen ähnlich ist, die mit normalen Bremsvorrichtungen erhalten wird, läßt sich erzielen, indem wie bei dem vorstehend beschriebenen Bremshubsimulator ein Stapel von Tellerfedern verwendet wird. Obwohl bei der herkömmlichen Bremsvorrichtung die Verbindung zwischen dem Hauptzylinder und den Radzylindern unterbrochen wird, kann die herkömmliche Bremsvorrichtung ein Bremspedalbetätigungsgefühl schaffen, das demjenigen ähnlich ist, das mit normalen Bremsvorrichtungen erhalten wird.

Jedoch ändert sich die Charakteristik bzw. Kennlinie des herkömmlichen Bremshubsimulators mit einer Änderung des Anordnungszustands der Tellerfedern. Bei der Produktion von Bremshubsimulatoren ist es schwierig, kontinuierlich denselben Anordnungszustand der Tellerfedern zu erhalten. Herkömmliche Bremshubsimulatoren unterliegen daher herstellungsbedingten Abweichungen unter ihren Kennlinien.

Aufgabe der Erfindung ist es daher, einen Bremshubsimulator zu schaffen, mit dem es möglich ist, herstellungsbedingte Abweichungen unter den Kennlinien einzelner Bremshubsimulatoren zu reduzieren.

Diese Aufgabe wird durch einen Bremshubsimulator gemäß den Merkmalen des Patentanspruchs 1 oder 5 oder durch das Bremsverfahren gemäß den Merkmalen des Patentanspruchs 11 oder 13 gelöst. Vorteilhafte Weiterentwicklungen sind Gegenstand der jeweiligen Unteransprüche.

Ein erster Aspekt der Erfindung sieht einen Bremshubsimulator vor, der aufweist: einen ersten Kolben, der im Ansprechen auf einen Hauptzylinderdruck verschiebbar ist; einen zweiten Kolben, der zusammen mit dem ersten Kolben verschiebbar ist, wenn der Hub des ersten Kolbens gleich oder größer ist ein vorgegebener Hub; eine erste Feder, die den ersten Kolben und den zweiten Kolben in Hubrichtung mit Druck beaufschlagt; eine zweite Feder, die den zweiten Kolben zum ersten Kolben hin drückt; sowie ein elastisches Bauteil, das in einer Kontaktposition zwischen dem ersten Kolben und dem zweiten Kolben angeordnet ist.

Gemäß dem ersten Aspekt der Erfindung basiert die Beziehung zwischen dem Pedalhub und der Pedalreaktionskraft auf der Federkraft einer Vielzahl von Federn.

Der erste Kolben wird im besonderen mit einem Anstieg des Hauptzylinderdrucks verschoben. Bis zu einem bestimmten Hub des ersten Kolbens wird unter einer elastischen Verformung der ersten Feder nur der erste Kolben verschoben; der zweite Kolben wird dabei im wesentlichen nicht verschoben. Im Fall des Bremshubsimulators gemäß dem ersten Aspekt der Erfindung bestimmen bis zum Erreichen des bestimmten Hubs des ersten Kolbens, d. h. bis der erste Kolben den zweiten Kolben kontaktiert, nur die Merkmale der ersten Feder die Beziehung zwischen dem Pedalhub und der Pedalreaktionskraft. Nach dem Kontakt des ersten Kolbens mit dem zweiten Kolben erfolgt zunehmend eine elastische Verformung des elastischen Bauteils. Nach einer ausreichenden elastischen Verformung des elastischen Bauteils ist ein Zustand erreicht, in dem die Beziehung zwischen dem Pedalhub und der Pedalreaktionskraft von den Merkmalen der zweiten Feder bestimmt werden. Während eines Zeitraums zwischen dem Kontakt des ersten Kolbens mit dem zweiten Kolben und der ausreichenden elastischen Verformung des elastischen Bauteils wechselt die Pedalreaktionskraftkennlinie stetig von einer von den Merkmalen der ersten Feder bestimmten Kennlinie zu einer von den Merkmalen der zweiten Feder bestimmten Kennlinie. In dem Bereich, in dem der Hub des ersten Kolbens größer ist als der bestimmte Hub, wird der zweite Kolben zusammen mit dem ersten Kolben verschoben, wobei die zweite Feder elastisch verformt wird; die Größe der elastischen Verformung der ersten Feder bleibt konstant. In diesem Zustand wird die Beziehung zwischen dem Pedalhub und der Pedalreaktionskraft im wesentlichen nur von der Federkonstante der zweiten Feder bestimmt.

Im Fall des erfindungsgemäßen Bremshubsimulators unterscheidet sich die Beziehung zwischen dem Pedalhub und

der Pedalreaktionskraft bei relativ kleinen Pedalhüben somit von derjenigen bei relativ großen Pedalhüben. Diese auf die vorstehend beschriebene Weise erzielte nicht lineare Kennlinie kann der mit einer normalen Bremsvorrichtung erzielten Pedalreaktionskraftkennlinie angenähert werden, indem die Merkmale der ersten Feder und die Merkmale der zweiten Feder geeignet vorgegeben werden. Daher kann mit dem erfindungsgemäßen Bremshubsimulator ein stabiles Bremspedalbetätigungsgefühl erzielt werden, d. h. ein Bremspedalbetätigungsgefühl, das demjenigen ähnlich ist, das mit der normalen Bremsvorrichtung erhalten wird, wobei starke Abweichungen unter den Kennlinien einzelner Produkte reduziert sind.

Der erfindungsgemäße Bremshubsimulator gemäß dem ersten Aspekt kann ferner ein Gehäuse aufweisen, in dem der erste Kolben eingesetzt ist, sowie eine zwischen dem ersten Kolben und dem Gehäuse vorgesehene manschettentartige Dichtung vom Typ eines Rückschlagventils, das verhindert, daß der Hauptzylinderdruck entweicht. Diese Ausgestaltung trägt effektiv dazu bei, eine Hysterese in der Kennlinie der Pedalreaktionskraft zu vermindern.

Wenn der Pedalhub zunimmt, wird der erste Kolben zum zweiten Kolben hin geschoben. In diesem Stadium hat die Pedalreaktionskraft einen Wert entsprechend der Summe aus der durch die erste Feder oder durch die zweite Feder erzeugten Druckkraft und dem Gleitwiderstand des ersten Kolbens entspricht. Wenn der Pedalhub abnimmt, wird der erste Kolben vom zweiten Kolben weg geschoben. Dabei hat die Pedalreaktionskraft einen Wert entsprechend einer Kraft, die erhalten wird, indem der Gleitwiderstand des ersten Kolbens von der durch die erste Feder oder die zweite Feder erzeugten Druckkraft subtrahiert wird. Wenn um den ersten Kolben herum eine Dichtung zum Abdichten des Spalts zwischen dem ersten Kolben und dem Gehäuse angeordnet ist, wird der Gleitwiderstand des ersten Kolbens stark vom Gleitwiderstand zwischen der Dichtung und dem Gehäuse beeinflußt. Wenn die Dichtung während einer Zunahme des Pedalhubes und während einer Abnahme des Pedalhubes den gleichen Gleitwiderstand aufweist, wird die Pedalreaktionskraft dementsprechend während einer Zunahme des Pedalhubes größer und während einer Abnahme des Pedalhubes kleiner.

Bei der Ausgestaltung, gemäß der der erste Kolben mit der manschettentartigen Dichtung vom Typ eines Rückschlagventils versehen ist, wird die Dichtung während einer Abnahme des Pedalhubes, d. h. während einer Abnahme des Hauptzylinderdrucks, elastisch radial nach innen verformt, d. h. so, daß sich der Durchmesser der Dichtung verringert. Wenn sich die manschettentartige Dichtung vom Typ eines Rückschlagventils elastisch radial nach innen verformt, nimmt der Gleitwiderstand des ersten Kolbens ab. Daher wird mit dem Bremshubsimulator gemäß dieser Ausgestaltung während einer Abnahme des Pedalhubes eine Pedalreaktionskraft erhalten, die im wesentlichen von der durch die erste Feder oder zweite Feder erzeugten Druckkraft abhängt. Da während einer Abnahme des Pedalhubes somit eine relativ große Pedalreaktionskraft erzielt wird, wird die aus dem Gleitwiderstand der Dichtung resultierende Hysterese in der Kennlinie der Pedalreaktionskraft vermindert.

Ein zweiter Aspekt sieht einen Bremshubsimulator vor, der aufweist: einen ersten Kolben, der im Ansprechen auf einen Hauptzylinderdruck verschiebbar ist; einen zweiten Kolben, der im Ansprechen auf den Hauptzylinderdruck verschiebbar ist; wenigstens eine Schraubenfeder, die den ersten Kolben und den zweiten Kolben in eine Richtung drückt, die der Richtung der unter der Wirkung des Hauptzylinderdrucks erzeugten Kraft entgegengerichtet ist; und einen Kolbenanschlag, der den Hub des ersten Kolbens ge-

genüber dem Hub des zweiten Kolbens verkleinert. Die wenigstens eine Schraubenfeder kann eine Schraubenfeder sein, die den ersten Kolben und den zweiten Kolben mit Druck beaufschlagt. Der Hauptzylinderdruck, der den ersten Kolben bis zu seinem Hubende verschiebt, unterscheidet sich von dem Hauptzylinderdruck, der den zweiten Kolben bis zu seinem Hubende verschiebt.

Gemäß dem zweiten Aspekt werden der erste Kolben und der zweite Kolben durch eine Schraubenfeder mit Druck beaufschlagt. Der erste und zweite Kolben werden beide zusammen verschoben, wenn der Hauptzylinderdruck niedriger ist als ein bestimmter Druck. Dabei wird die Beziehung zwischen dem Pedalhub und der Pedalreaktionskraft von der Summe aus der druckaufnehmenden Fläche des ersten Kolbens und der druckaufnehmenden Fläche des zweiten Kolbens sowie den Merkmalen der Schraubenfeder bestimmt.

Wenn der Hauptzylinderdruck größer ist als der bestimmte Druck, wird eine weitere Verschiebung des ersten Kolbens durch den Kolbenanschlag verhindert. Daher wird in diesem Druckbereich nur der zweite Kolben entsprechend dem Gleichgewicht zwischen der unter der Wirkung des Hauptzylinderdrucks verursachten Druckkraft und der Druckkraft durch die Schraubenfeder verschoben. Dabei wird die Beziehung zwischen dem Pedalhub und der Pedalreaktionskraft von der druckaufnehmenden Fläche des zweiten Kolbens und den Merkmalen der Schraubenfeder bestimmt.

Gemäß dem zweiten Aspekt unterscheidet sich die bei relativ kleinen Pedalhüben gegebene Beziehung zwischen dem Pedalhub und der Pedalreaktionskraft von der bei relativ großen Pedalhüben gegebenen Beziehung zwischen dem Pedalhub und der Pedalreaktionskraft. Diese auf die vorstehend beschriebene Weise erzielte nicht lineare Kennlinie kann der bei einer normalen Bremsvorrichtung erzielten Pedalreaktionskraftkennlinie angenähert werden, indem die druckaufnehmenden Flächen des ersten und zweiten Kolbens und die Merkmale der wenigstens einen Schraubenfeder, die auf den ersten und zweiten Kolben einen Druck aufbringt, geeignet eingestellt werden. Daher kann mit dem erfindungsgemäßen Bremshubsimulator gemäß dem zweiten Aspekt ein stabiles Bremspedalbetätigungsgefühl erhalten werden, d. h. ein Bremspedalbetätigungsgefühl, das demjenigen ähnlich ist, das mit der normalen Bremsvorrichtung erhalten wird, wobei starke Abweichungen unter den Kennlinien einzelner Produkte verringert sind.

Der erfindungsgemäße Bremshubsimulator gemäß dem zweiten Aspekt kann ferner einen Kolbenanschlag aufweisen, der einen gegenüber dem Hub des zweiten Kolbens kleineren Hub des ersten Kolbens vorsieht; die wenigstens eine Schraubenfeder kann eine Schraubenfeder sein, die den ersten Kolben und den zweiten Kolben miteinander mit Druck beaufschlagt.

Die vorstehenden und weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung folgen aus der nachstehenden Beschreibung bevorzugter Ausführungsformen, in der auf die beigefügte Zeichnung Bezug genommen wird, wobei die dieselben Bezugszeichen zur Darstellung gleicher bzw. entsprechender Bauteile verwendet werden. Es zeigt:

Fig. 1 eine schematische Ansicht einer elektronisch gesteuerten Bremsvorrichtung, wofür verschiedene Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Bremshubsimulators verwendet werden

Fig. 2 eine Schnittansicht des erfindungsgemäßen Bremshubsimulators in einer ersten Ausführungsform;

Fig. 3 ein Diagramm, das die mit einer herkömmlichen, normalen Bremsvorrichtung erhaltene Beziehung zwischen dem Hauptzylinderdruck  $P_{MC}$  und dem Pedalhub  $S$  zeigt;

Fig. 4 ein Diagramm, das die mit einem herkömmlichen

Bremshubsimulator erhaltene Beziehung zwischen dem Hauptzylinderdruck  $P_{MC}$  und dem Pedalhub  $S$  zeigt;

Fig. 5 ein Diagramm, das die durch den Bremshubsimulator in der ersten Ausführungsform erhaltene Beziehung zwischen dem Hauptzylinderdruck  $P_{MC}$  und dem Pedalhub  $S$  zeigt;

Fig. 6 eine Schnittansicht des erfindungsgemäßen Bremshubsimulators in einer zweiten Ausführungsform;

Fig. 7 eine Schnittansicht des erfindungsgemäßen Bremshubsimulators in einer dritten Ausführungsform; und

Fig. 8 eine Schnittansicht des erfindungsgemäßen Bremshubsimulators in einer vierten Ausführungsform.

Unter Bezugnahme auf die beigelegte Zeichnung werden nachstehend bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung ausführlich beschrieben.

Fig. 1 zeigt einen schematischen Aufbau einer elektronisch gesteuerten Bremsvorrichtung, wofür verschiedene Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Bremshubsimulators verwendet werden. Die elektronisch gesteuerte Bremsvorrichtung beinhaltet ein Bremspedal 10, das mit einem Bremskraftverstärker 11 in Verbindung steht. Der Bremskraftverstärker 11 ist an einem Hauptzylinder 12 angebracht. Der Bremskraftverstärker 11 erhöht die auf das Bremspedal 10 aufgebrachte Bremsbetätigungskraft und überträgt die erhöhte Kraft auf den Hauptzylinder 12. Der Hauptzylinder 12 erzeugt einen Hauptzylinderdruck  $P_{MC}$ , der in einem bestimmten Verstärkungsverhältnis zur Bremsbetätigungskraft steht.

Am Hauptzylinder 12 ist ein Regler 14 angebracht. Über dem Hauptzylinder 12 und dem Regler 14 ist ein Ausgleichbehälter 16 angeordnet. Der Ausgleichbehälter 16 enthält Bremsfluid. Der Hauptzylinder 12 kommuniziert mit dem Ausgleichbehälter 16 nur dann, wenn das Bremspedal 10 nicht betätigt ist.

Die Bremsvorrichtung weist eine Pumpe 18 auf. Eine Ansaugöffnung der Pumpe 18 steht mit dem Ausgleichbehälter 16 in Verbindung. Die Pumpe 18 saugt Bremsfluid aus dem Ausgleichbehälter 16 an und stößt es an ihrer Ausstoßöffnung aus. Die Ausstoßöffnung der Pumpe 18 steht über ein Rückschlagventil 20 mit einem Speicher 22 in Verbindung. Der Speicher 22 speichert das von der Pumpe 18 ausgestoßene Fluid mit einem Speicherdruck  $P_{ACC}$ . Der Betrieb der Pumpe 18 erfolgt so, daß der Speicherdruck  $P_{ACC}$  im Bereich zwischen einem diesbezüglichen oberen Grenzwert und einem diesbezüglich unteren Grenzwert gehalten wird.

Der Speicher 22 steht mit dem Regler 14 in Verbindung. Der Regler 14 steht mit dem Ausgleichbehälter 16 in Verbindung. Der Regler 14 erzeugt unter Verwendung des Speichers 22 als eine Hochdruckquelle und des Ausgleichbehälters 16 als eine Niederdruckquelle einen Reglerdruck  $P_{RE}$ , der dem Hauptzylinderdruck  $P_{MC}$  gleich ist.

Eine Reglerdruckleitung 24 ist an den Regler 14 angeschlossen. Die Reglerdruckleitung 24 ist mit einem Fluidsensorsensor 26 versehen, der ein dem Reglerdruck  $P_{RE}$  entsprechendes elektrisches Signal  $p_{RE}$  ausgibt. Die Reglerdruckleitung 24 steht mit einem Verstärker-Linearsteuerventil 28 und einem Rückschlagventil 30 in Verbindung. Eine Steuerfluiddruckleitung 32 ist an das Verstärker-Linearsteuerventil 28 und das Rückschlagventil 30 angeschlossen. Das Verstärker-Linearsteuerventil 28 ist ein Steuerventil, das eine Bremsfluidströmung von der Reglerdruckleitung 24 in die Steuerfluiddruckleitung 32 in einer Menge, die im wesentlichen proportional zu einem an das Ventil 28 angelegten Ansteuersignal ist. Das Rückschlagventil 30 läßt eine Fluidströmung nur in Richtung von der Steuerfluiddruckleitung 32 in die Reglerdruckleitung 24 zu.

Die Steuerfluiddruckleitung 32 ist mit einem Fluidsensorsensor 34 versehen, der ein dem Druck in der Steuerfluid-

druckleitung 32 entsprechendes elektrisches Signal  $p_R$  ausgibt. Die Steuerfluiddruckleitung 32 steht über ein Druckminder-Linearsteuerventil 36 und ein Rückschlagventil 38 mit einem Zusatzbehälter 40 in Verbindung. Das Druckminder-Linearsteuerventil 36 ist ein Steuerventil, das eine Bremsfluidströmung von der Steuerfluiddruckleitung 32 zum Zusatzbehälter 40 in einer Menge, die im wesentlichen proportional zu einem an das Ventil 36 angelegten Ansteuersignal ist, zuläßt. Das Rückschlagventil 38 läßt eine Bremsfluidströmung nur in Richtung vom Zusatzbehälter 40 in die Steuerfluiddruckleitung 32 zu. Der Zusatzbehälter 40 kann eine bestimmte Bremsfluidmenge aufnehmen.

Die Steuerfluiddruckleitung 32 steht über ein elektromagnetisches Halteventil 42 und ein Rückschlagventil 44 mit einer hinteren Fluiddruckleitung 46 in Verbindung. Das elektromagnetische Halteventil 42 ist ein elektromagnetisches 2-Wege-Ventil, das im Normalzustand geöffnet ist und erst mit dem Anlegen eines Ansteuersignals geschlossen wird. Das Rückschlagventil 44 läßt eine Fluidströmung nur in Richtung von der hinteren Fluiddruckleitung 46 in die Steuerfluiddruckleitung 32 zu.

Die hintere Fluiddruckleitung 46 steht über ein Proportional-Ventil 48 mit einem hinteren linken Radzylinder 50 und einem hinteren rechten Radzylinder 52 in Verbindung. Die hintere Fluiddruckleitung 46 steht ferner über ein elektromagnetisches Druckminderventil 54 mit einer Rücklaufleitung 56 in Verbindung. Das Proportional-Ventil 48 führt den Fluiddruck in der hinteren Fluiddruckleitung 46 direkt zu den Radzylindern 50, 52, wenn der Fluiddruck unter einem bestimmten Pegel liegt. Wenn der Fluiddruck in der hinteren Fluiddruckleitung 46 über dem bestimmten Pegel liegt, vermindert das Proportional-Ventil 48 den Fluiddruck in einem bestimmten Verhältnis und führt den verminderten Druck zu den Radzylindern 50, 52. Das elektromagnetische Druckminderventil 54 ist ein elektromagnetisches 2-Wege-Ventil, das im Normalfall geschlossen bleibt und erst mit dem Anlegen eines Ansteuersignals geöffnet wird. Die Rücklaufleitung 56 steht mit dem vorstehend beschriebenen Ausgleichbehälter 16 in Verbindung.

Die Steuerfluiddruckleitung 32 steht über ein Druckaufbau-Absperrventil 58 mit einer vorderen Fluiddruckleitung 60 in Verbindung. Das Druckaufbau-Absperrventil 58 ist ein elektromagnetisches 2-Wege-Ventil, das im Normalzustand geschlossen ist und erst mit dem Anlegen eines Ansteuersignals geöffnet wird. Die vordere Fluiddruckleitung 60 ist mit einem Fluidsensorsensor 62 versehen, der ein dem Druck in der Leitung 60 entsprechendes Ausgangssignal  $p_F$  ausgibt.

Die vordere Fluiddruckleitung 60 steht über ein elektromagnetisches Halteventil 64 und ein Rückschlagventil 66 mit einer vorderen linken Fluiddruckleitung 68 in Verbindung. Die vordere Fluiddruckleitung 60 steht ferner über ein elektromagnetisches Halteventil 70 und ein Rückschlagventil 72 mit einer vorderen rechten Fluiddruckleitung 74 in Verbindung. Die elektromagnetischen Halteventile 64, 70 sind elektromagnetische 2-Wege-Ventile, die im Normalzustand geöffnet bleiben und erst mit dem Anlegen eines Ansteuersignals geschlossen werden. Die Rückschlagventile 66, 72 lassen eine Fluidströmung nur in Richtung von der vorderen linken Fluiddruckleitung 68 bzw. der vorderen rechten Fluiddruckleitung 74 zur vorderen Fluiddruckleitung 60 zu.

Die vordere linke Fluiddruckleitung 68 und die vordere rechte Fluiddruckleitung 74 stehen mit dem vorderen linken bzw. dem vorderen rechten Radzylinder 76 bzw. 78 in Verbindung. Die vordere linke Fluiddruckleitung 68 und die vordere rechte Fluiddruckleitung 74 stehen ferner über ein elektromagnetisches Druckminderventil 80 bzw. 82 mit der

Rücklaufleitung 56 in Verbindung. Die elektromagnetischen Druckminderventile 80, 82 sind elektromagnetische 2-Wege-Ventile, die im Normalzustand geschlossen bleiben und erst mit dem Anlegen eines Ansteuersignals geöffnet werden.

Eine Hauptdruckleitung 84 steht mit dem Hauptzylinder 12 in Verbindung. Die Hauptdruckleitung 84 ist mit einem Hauptdrucksensor 86 versehen, der ein dem Hauptzylinderdruck  $P_{MC}$  entsprechendes elektrisches Signal  $p_{MC}$  ausgibt. Die Hauptdruckleitung 84 steht über ein Hauptabsperrentil 88 bzw. 90 mit der vorderen linken Fluiddruckleitung 68 bzw. der vorderen rechten Fluiddruckleitung 74 in Verbindung. Die Hauptabsperrentile 88, 90 sind elektromagnetische 2-Wege-Ventile, die im Normalzustand geöffnet bleiben und erst mit dem Anlegen eines Ansteuersignals geschlossen werden. Die Hauptdruckleitung 84 steht ferner mit einem Bremshebel 92 in Verbindung. Der Bremshebel 92 steht mit der Rücklaufleitung 56 sowie der Hauptdruckleitung 84 in Verbindung.

Fig. 2 zeigt eine Schnittansicht des erfindungsgemäßen Bremshebel 92. Der Bremshebel 92 weist ein Gehäuse 94 auf, das einen ersten Kolben 96 enthält. Der erste Kolben 96 definiert teilweise eine Hauptdruckkammer 98 im Gehäuse 94. Die Hauptdruckkammer 98 steht mit der Hauptdruckleitung 84 in Verbindung.

Der erste Kolben 96 ist mit einem O-Ring 100 und einem Stützring 102 versehen. Der Spalt zwischen dem ersten Kolben 96 und dem Gehäuse 94 ist durch den O-Ring 100 abgedichtet. Der erste Kolben 96 weist ferner einen Rohrabchnitt 104 auf. Im Rohrabchnitt 104 ist eine erste Feder 106 angeordnet. Der Bremshebel 92 weist des weiteren einen zweiten Kolben 108 auf, der wiederum einen Paßabschnitt 110 und einen Flanschabschnitt 111 aufweist. Der Paßabschnitt 110 ist im Rohrabchnitt 104 des ersten Kolbens 96 verschiebbar eingesetzt.

Fig. 2 zeigt den ersten Kolben 96 und den zweiten Kolben 108 in ihren Ausgangsstellungen. Der Bremshebel 92 ist so konstruiert, daß, wenn sich der erste Kolben 96 und der zweite Kolben 108 in ihren Ausgangsstellungen befinden, zwischen der Stirnseite des ersten Kolbens 96 und dem Flanschabschnitt 111 des zweiten Kolbens 108 ein Abstand  $G1$  von einer bestimmten Größe ausgebildet ist, wie es in Fig. 2 gezeigt ist.

Die erste Feder 106 liegt an der Stirnfläche des Paßabschnitts 110 des zweiten Kolbens 108 an. Die erste Feder 106 drückt den ersten Kolben 96 und den zweiten Kolben 108 in entgegengesetzte Richtungen. Wenn ein mit der Druckkraft der ersten Feder 106 vergleichbarer Hauptzylinderdruck  $P_{MC}$  in die Hauptdruckkammer 98 geführt wird, wird der erste Kolben 96 unter einer elastischen Verformung der ersten Feder 106 zum zweiten Kolben 108 hin geschoben. Wenn der Hub des ersten Kolbens 96 so groß wird wie die Spaltgröße  $G1$ , kontaktiert der erste Kolben 96 den zweiten Kolben 108. Im Anschluß daran wird die Kraft, die durch den in die Hauptdruckkammer 98 geführten Hauptzylinderdruck  $P_{MC}$  auf den ersten Kolben 96 aufgebracht wird, auf den zweiten Kolben 108 übertragen.

Im Gehäuse 94 ist ferner eine Rücklaufkammer 112 ausgebildet. Ein Verschlußstopfen 114 verschließt die Rücklaufkammer 112. Die Rücklaufkammer 112 steht an einer (in Fig. 2 nicht dargestellten) Stelle in der Rücklaufleitung 56 mit der Rücklaufleitung 56 in Verbindung. Zwischen dem zweiten Kolben 108 und dem Verschlußstopfen 114 ist eine zweite Feder 116 angeordnet. Die zweite Feder 116 erzeugt eine Kraft, die den zweiten Kolben 108 und den Verschlußstopfen 114 in entgegengesetzte Richtungen drückt. Wenn eine Kraft vom ersten Kolben 96 auf den zweiten Kolben 108 übertragen wird, wird der zweite Kolben 108 zum Ver-

schlußstopfen 114 hin geschoben.

Der zweite Kolben 108 und der Verschlußstopfen 114 weisen jeweils einen Anschlag 117 bzw. 118 auf. Der Bremshebel 92 ist so konstruiert, daß zwischen dem Anschlag 117 und dem Anschlag 118 ein Abstand  $G2$  von einer bestimmten Größe ausgebildet ist, wenn sich der zweite Kolben 108 in seiner Ausgangsstellung befindet. Der zweite Kolben 108 kann demnach soweit zum Verschlußstopfen 114 hin geschoben werden, bis der Anschlag 117 den Anschlag 118 kontaktiert. Der erste Kolben 96 kann folglich aus seiner Ausgangsstellung heraus um die bestimmte Strecke  $G1 + G2$  zum Verschlußstopfen 114 hin geschoben werden.

Die Kapazität der Hauptdruckkammer 98 variiert mit dem Hub des ersten Kolbens 96. Die Kapazität der Hauptdruckkammer 98 nimmt mit einer Verschiebung des ersten Kolbens 96 um die Strecke  $G1 + G2$  aus seiner Ausgangsstellung heraus um ein Volumen von  $\pi D1o(G1 + G2)$  zu, wobei  $D1$  den Durchmesser des ersten Kolbens 96 repräsentiert. Der Bremshebel 92 ist somit in der Lage, eine maximale Bremsfluidmenge, die sich durch  $\pi D1o(G1 + G2)$  ausdrücken läßt, aufzunehmen, wenn der Hauptzylinderdruck  $P_{MC}$  aus der Hauptdruckleitung 84 zugeführt wird.

Die in Fig. 1 dargestellte Bremsvorrichtung führt bei einer Bremsbetätigung durch den Fahrzeugbediener eine Bremsfluiddrucksteuerung aus, sofern das System normal funktioniert. Die Bremsfluiddrucksteuerung wird ausgeführt, indem die Hauptabsperrentile 88, 90 geschlossen (EIN-Zustand) und das Druckaufbau-Absperrentil 58 geöffnet (EIN-Zustand) werden und das Verstärker-Linearsteuerventil 28 und das Druckminder-Linearsteuerventil 36 geeignet gesteuert werden.

Durch die Bremsfluiddrucksteuerung wird die Verbindung zwischen dem Radzylinder 76 bzw. 78 des linken bzw. rechten Vorderrad FL bzw. FR und dem Hauptzylinder 12 unterbrochen und eine Verbindung zwischen dem Radzylinder 76 bzw. 78 des linken bzw. rechten Vorderrad FL bzw. FR und der Steuerfluiddruckleitung 32 eingerichtet; im Gegensatz dazu bleibt die Verbindung zwischen dem Radzylinder 50 bzw. 52 am linken bzw. rechten Hinterrad RL bzw. RR und der Steuerfluiddruckleitung 32 weiterhin erhalten. Durch die Bremsfluiddrucksteuerung kann somit unter Verwendung des Reglers 14 als Fluiddruckquelle der Radzylinderdruck  $P_{WC}$  in allen Radzylindern gesteuert werden.

Der Regler 14 erzeugt den Reglerdruck  $P_{RE}$ , der dem Hauptzylinderdruck  $P_{MC}$  gleich ist, wie es vorstehend beschrieben wurde. Durch eine geeignete Steuerung des Verstärker-Linearsteuerventils 28 und des Druckminder-Linearsteuerventils 36 kann daher während der Bremsfluiddrucksteuerung jeder beliebige Fluiddruck, der niedriger oder im wesentlichen so groß ist wie der Hauptzylinderdruck  $P_{MC}$ , zu den Radzylindern 50, 52 am linken bzw. rechten Vorderrad FL, FR und den Radzylindern 76, 78 am linken bzw. rechten Hinterrad RL, RR geführt werden.

Wenn ein Fehler eintritt, der die Ausführung der Bremsfluiddrucksteuerung erschwert oder behindert, verhindert die in Fig. 1 gezeigte Bremsvorrichtung die Bremsfluiddrucksteuerung. In diesem Fall werden nach der Einleitung der Bremsfluiddrucksteuerung die Hauptabsperrentile 88, 90 im offenen Zustand gehalten (AUS-Zustand), während das Druckaufbau-Absperrentil 58 im geschlossenen Zustand (AUS-Zustand) gehalten wird.

Wenn die Hauptventile 88, 90 und das Druckaufbauventil 58 im AUS-Zustand gehalten werden, liegt ein Zustand vor, in dem die Radzylinder 76, 78 am linken bzw. rechten Vorderrad FL bzw. FR mit dem Hauptzylinder 12 in Verbindung stehen und die Radzylinder 50, 52 am linken bzw. rechten Hinterrad RL bzw. RR über das Verstärker-Linearsteuerventil



til 28 mit dem Regler 14, in Verbindung stehen. In diesem Zustand kann der Hauptzylinderdruck  $P_{MC}$  in die Radzylinder 76, 78 am linken bzw. rechten Vorderrad FL bzw. FR geführt werden, während in die Radzylinder 50, 52 am linken bzw. rechten Hinterrad RL bzw. RR ein Druck geführt werden kann, der dem Reglerdruck  $P_{RE}$  abzüglich des Drucks zum Öffnen des Verstärker-Linearsteuerventils 28 entspricht. Mit der in Fig. 1 gezeigten Bremsvorrichtung kann somit selbst dann, wenn im System ein Fehler eintritt, eine ausreichend hohe Bremskraft geschaffen werden.

Während der Bremsfluiddrucksteuerung wird die Bremsfluidmenge im Hauptzylinder 12 nicht zu den Radzylindern 76, 78 geführt, wie es vorstehend beschrieben wurde. Das Bremspedal 10 kann betätigt werden, da Bremsfluid aus dem Hauptzylinder 12 strömt. Wenn während der Bremsfluiddrucksteuerung jedoch kein Bremsfluid aus dem Hauptzylinder 12 strömen kann, kann auch kein Bremspedalbetätigungsgefühl geschaffen werden, das dem mit einer normalen Bremsvorrichtung erhaltenen Bremspedalbetätigungsgefühl gleichwertig ist.

Bei der in Fig. 1 gezeigten Bremsvorrichtung kann der Bremshubsimulator 92 eine bestimmte Menge des von Seiten der Hauptdruckleitung 84 zugeführten Bremsfluids aufnehmen. Wenn daher bei der in Fig. 1 gezeigten Bremsvorrichtung die Bremsfluiddrucksteuerung erfolgt, wird Bremsfluid abgegeben und zwischen dem Hauptzylinder 12 und dem Bremshubsimulator 92 aufgenommen. Bei der in Fig. 1 gezeigten Bremsvorrichtung kann der Hauptzylinder 12 daher während die Bremsfluiddrucksteuerung angemessen betätigt werden.

Bei einer Bremsvorrichtung, die einen Bremshubsimulator verwendet, um einen Bremshub sicherzustellen, wird die Beziehung zwischen dem Pedalhub und der Pedalreaktionskraft von der Kennlinie des Bremshubsimulators bestimmt. Der Bremshubsimulator 92 in dieser Ausführungsform ist derart einfach konstruiert, daß Abweichungen unter den Kennlinien einzelner Produkte unwahrscheinlich sind. Ein weiteres Merkmal des Bremshubsimulators 92 ist darin zu sehen, daß der Bremshubsimulator 92 in der Lage ist, eine Beziehung zwischen dem Pedalhub und der Pedalreaktionskraft zu erzielen, die derjenigen einer normalen Bremsvorrichtung ähnlich ist. Die Merkmale des Bremshubsimulators 92 in dieser Ausführungsform werden nun unter Bezugnahme auf Fig. 2 und die Fig. 3 bis 5 erläutert.

Fig. 3 zeigt die Beziehung zwischen dem Hauptzylinderdruck  $P_{MC}$  und dem Pedalhub S, die mit einer normalen Bremsvorrichtung erzielt wird, d. h. einer Vorrichtung, die den Radzylinderdruck  $P_{WC}$  unter Verwendung eines Hauptzylinders als eine Fluiddruckquelle steuert. Das Bremspedal produziert eine dem Hauptzylinderdruck  $P_{MC}$  entsprechende Reaktionskraft. Daher kann die in Fig. 3 gezeigte Beziehung als die Beziehung zwischen der Pedalreaktionskraft und dem Pedalhub betrachtet werden, die mit einer normalen Bremsvorrichtung erhalten wird.

Bei der normalen Bremsvorrichtung ist die Bremsfluidmenge  $Q_{MC}$ , die aus dem Hauptzylinder strömt, immer proportional zum Pedalhub S. Während eines Zeitraums vom Beginn einer Bremsbetätigung bis zum Anstieg des Bremsfluiddrucks auf einen bestimmten Pegel wird das Bremsfluid, das dem Hauptzylinder strömt, teilweise für die Ausdehnung von Bremsschläuchen und dergleichen verbraucht. Daher ist bei der normalen Bremsvorrichtung der Gradient der Änderung des Hauptzylinderdrucks  $P_{MC}$  bezüglich des Pedalhubes S, d. h. das Differential  $dP_{MC}/dS$  des Hauptzylinderdrucks  $P_{MC}$  in Bezug auf den Pedalhub S, im Bereich kleiner Pedalhübe relativ klein und im Bereich großer Pedalhübe relativ groß, wie es in Fig. 3 gezeigt ist.

Fig. 4 zeigt die Beziehung zwischen dem Hauptzylinder-

druck  $P_{MC}$  und dem Pedalhub S, die mit dem herkömmlichen Bremshubsimulator erzielt wird, der nur eine Federstufe hat. Ein derartiger Bremshubsimulator hat einen Kolben, der unter der Wirkung des Hauptzylinderdrucks  $P_{MC}$  verschoben wird, und eine Feder, die den Kolben in seine Ausgangsposition drückt.

Die Bremsfluidmenge  $Q_{MC}$ , die aus dem Hauptzylinder strömt, ist proportional zum Pedalhub S, wie es vorstehend beschrieben wurde. Bei einer Bremsvorrichtung mit einem Bremshubsimulator strömt die gesamte Bremsfluidmenge  $Q_{MC}$  aus dem Hauptzylinder in den Bremshubsimulator. Daher wird der im Bremshubsimulator vorgesehene Kolben um eine Strecke proportional zur Bremsfluidmenge  $Q_{MC}$ , die aus dem Hauptzylinder strömt, d. h. proportional zum Pedalhub S, verschoben.

In dem vorstehend beschriebenen herkömmlichen Bremshubsimulator, erfährt eine Feder, die den Kolben mit Druck beaufschlagt, eine elastische Verformung, die so groß ist wie die Verschiebung des Kolbens. Die Feder produziert eine der Größe der elastischen Verformung entsprechende Reaktionskraft. Bei dem vorstehend beschriebenen Bremshubsimulator erfährt der Kolben daher so lange eine Reaktionskraft proportional zum Pedalhub S, bis der Kolben sein Hubende erreicht. In der Fluiddruckleitung vom Hauptzylinder zum Bremshubsimulator ist der Hauptzylinderdruck  $P_{MC}$  proportional zu der auf den Kolben übertragenen Reaktionskraft.

Der vorstehend beschriebene Bremshubsimulator ist somit in der Lage, den Hauptzylinderdruck  $P_{MC}$  in Bezug auf Änderungen des Pedalhubes S in einem Bereich, in dem der Kolben das Hubende noch nicht erreicht hat, d. h. in einem Bereich, in dem der Pedalhub relativ klein ist, linear zu ändern, wie es in Fig. 4 gezeigt ist. Bei der normalen Bremsvorrichtung weist der Hauptzylinderdruck  $P_{MC}$  jedoch eine nicht lineare Änderungstendenz in Bezug auf Änderungen des Pedalhubes S auf, wie es in Fig. 3 gezeigt ist. Daher hat es sich als schwierig herausgestellt, mit dem herkömmlichen Bremshubsimulator, in dem nur eine Federstufe verwendet wird, die mit einer normalen Bremsvorrichtung erhaltene Beziehung zwischen dem Hauptzylinderdruck  $P_{MC}$  und dem Pedalhub S zu reproduzieren.

Fig. 5 zeigt die Beziehung zwischen dem Hauptzylinderdruck  $P_{MC}$  und dem Pedalhub S, die mit einer Bremsvorrichtung erzielt wird, bei der der Bremshubsimulator 92 in dieser Ausführungsform verwendet wird. In einem Bereich, in dem der in die Hauptdruckkammer 98 geführte Hauptzylinderdruck  $P_{MC}$  klein ist, wird in dem Bremshubsimulator 92 nur der erste Kolben 96 verschoben, während der zweite Kolben 108 in seiner Ausgangsstellung bleibt. Dabei wird die Druckkraft der ersten Feder 106 als eine Reaktionskraft auf den ersten Kolben 96 übertragen. In diesem Fall wird in Abhängigkeit von den Merkmalen der ersten Feder 106, d. h. der Federkonstante, der Federlänge und dgl., zwischen dem Hauptzylinderdruck  $P_{MC}$  und dem Pedalhub S eine lineare Beziehung erzielt.

In einem Bereich, in dem der in die Hauptdruckkammer 98 geführte Hauptzylinderdruck  $P_{MC}$  so groß ist, daß der erste Kolben 96 in Kontakt mit dem zweiten Kolben 108 gebracht ist, wird im Bremshubsimulator 92 der zweite Kolben 108 zusammen mit dem ersten Kolben 96 verschoben. Dabei wird die Druckkraft der zweiten Feder 116 als eine Reaktionskraft auf ersten Kolben 96 übertragen. In diesem Fall wird in Abhängigkeit von den Merkmalen der zweiten Feder 116, d. h. der Federkonstante, der Federlänge und dgl., zwischen dem Hauptzylinderdruck  $P_{MC}$  und dem Pedalhub S eine lineare Beziehung erzielt.

Mit dem Bremshubsimulator 92 in dieser Ausführungsform kann somit eine Beziehung zwischen dem Hauptzylinder-

derdruck  $P_{MC}$  und dem Pedalhub  $S$  erhalten werden, die in einem Bereich, in dem der Hauptzylinderdruck  $P_{MC}$  relativ klein ist, von den Merkmalen der ersten Feder 106 und in einem Bereich, in dem der Hauptzylinderdruck  $P_{MC}$  relativ groß ist, von der zweiten Feder 116 abhängt. Mit dem Brems-hubsimulator 92 kann daher eine nicht lineare Beziehung zwischen dem Hauptzylinderdruck  $P_{MC}$  und dem Pedalhub  $S$  erzielt werden, die der Beziehung ähnlich ist, die mit der normalen Bremsvorrichtung erzielt wird, wie es in Fig. 5 gezeigt ist.

Die Kennlinie des Brems-hubsimulators 92 in dieser Ausführungsform wird von den Merkmalen der ersten Feder 106 und den Merkmalen der zweiten Feder 116 bestimmt, wie es vorstehend beschrieben wurde. Abweichungen dieser Merkmale lassen sich während der Herstellung der ersten Feder 106 und der zweiten Feder 116 relativ einfach auf kleine Bereiche reduzieren. Daher gewährleistet der Brems-hubsimulator 92 in dieser Ausführungsform in einfacher Weise eine gleichbleibende Qualität ohne großartige herstellungsbedingte Abweichungen unter den Kennlinien einzelner Brems-hubsimulatoren.

Unter Bezugnahme auf Fig. 6 wird nun eine zweite Ausführungsform der Erfindung beschrieben. Fig. 6 zeigt eine Schnittansicht eines Brems-hubsimulators 120 gemäß der zweiten Ausführungsform. Die mit jenen Bauteilen in Fig. 2 vergleichbaren Bauteile sind in Fig. 6 mit denselben Bezugszeichen bezeichnet und werden nicht mehr erläutert.

Der Brems-hubsimulator 120 in der zweiten Ausführungsform hat elastische Bauteile 122, 124, 126, 128. Die elastischen Bauteile 122, 124 sind am Flanschabschnitt 111 des zweiten Kolbens 108 angeordnet. Die elastischen Bauteile 122, 124 kontaktieren die Stirnfläche des ersten Kolbens 96, wenn der erste Kolben 96 über eine bestimmte Strecke hinaus zum zweiten Kolben 108 hin geschoben wird. Die elastischen Bauteile 126, 128 sind am Anschlag 118 des Verschlußstopfens 114 angeordnet und kontaktieren den Anschlag 117 des zweiten Kolbens 108, wenn der zweite Kolben 108 über eine bestimmte Strecke hinaus zum Verschlußstopfen 114 hin verschoben wird.

Im Fall des Brems-hubsimulators 120 wird so lange, bis der erste Kolben 96 mit den elastischen Bauteilen 122, 124 in Kontakt kommt, nur die Reaktionskraft der ersten Feder 106 (siehe Fig. 2) auf den ersten Kolben 96 übertragen. In diesem Stadium wird die Beziehung zwischen dem Pedalhub  $S$  und der Pedalreaktionskraft im wesentlichen nur von den Merkmalen der ersten Feder 106 bestimmt.

Nachdem der erste Kolben 96 mit den elastischen Bauteilen 122, 124 in Kontakt gekommen ist, wird die Reaktionskraft der ersten Feder 106 und die Reaktionskraft der zweiten Feder 116 auf den ersten Kolben 96 übertragen, bis sich der zweite Kolben 108 zu bewegen beginnt. In diesem Stadium wird die Beziehung zwischen dem Pedalhub  $S$  und der Pedalreaktionskraft im wesentlichen durch die Merkmale der ersten Feder 106 und die Federkonstante der elastischen Bauteile 122, 124 bestimmt.

Die Federkonstante der elastischen Bauteile 122, 124 steigt mit deren elastischer Verformung an. Daher steigt die Federkonstante der elastischen Bauteile 122, 124 mit zunehmender Verschiebung des ersten Kolbens 96 an. Wenn die Federkonstante der elastischen Bauteile 122, 124 relativ klein ist, hängt die Beziehung zwischen dem Pedalhub  $S$  und der Pedalreaktionskraft im wesentlichen von den Merkmalen der ersten Feder 106 ab. Wenn die Federkonstante der elastischen Bauteile 122, 124 ansteigt, übt die Federkonstante der elastischen Bauteile 122, 124 einen größeren Einfluß auf die Beziehung zwischen dem Pedalhub  $S$  und der Pedalreaktionskraft aus. Daher wechselt die Beziehung zwischen dem Pedalhub  $S$  und der Pedalreaktionskraft bei einer

Bremsvorrichtung, in der der Brems-hubsimulator 120 verwendet wird, nachdem der erste Kolben 96 mit den elastischen Bauteilen 122, 124 in Kontakt gekommen ist, von der Beziehung, die im wesentlichen von den Merkmalen der ersten Feder 106 bestimmt wird, allmählich und stetig zu der Beziehung, die relativ stark von der Federkonstante der elastischen Bauteile 122, 124 abhängt.

Wenn die elastische Verformung der elastischen Bauteile 122, 124 ausreichend fortgeschritten ist, so daß die von den elastischen Bauteilen 122, 124 und der ersten Feder 106 auf den zweiten Kolben 108 übertragene Druckkraft, ausreichend groß wird, beginnt die Verschiebung des zweiten Kolbens 108. In diesem Stadium wird die Beziehung zwischen dem Pedalhub  $S$  und der Pedalreaktionskraft im wesentlichen von den Merkmalen der zweiten Feder 116 und der Federkonstante der elastischen Bauteile 122, 124 bestimmt.

In dem vorstehend beschriebenen Zustand nimmt der Einfluß der Federkonstante der elastischen Bauteile 122, 124 auf die Beziehung zwischen dem Pedalhub  $S$  und der Pedalreaktionskraft ab, wenn eine Änderung der Größe der elastischen Verformung der elastischen Bauteile 122, 124 schwieriger wird, d. h., wenn die Federkonstante der elastischen Bauteile 122, 124 zunimmt. Mit zunehmender Verschiebung des zweiten Kolbens 108 wechselt daher die Beziehung zwischen dem Pedalhub  $S$  und der Pedalreaktionskraft von der Beziehung, die im wesentlichen bestimmt von den Merkmalen der zweiten Feder 116 und der Federkonstante der elastischen Bauteile 122, 124 bestimmt wird, allmählich und stetig zu der Beziehung, die im wesentlichen von den Merkmalen der zweiten Feder 116 bestimmt wird.

Wenn der zweite Kolben 108 genügend weit verschoben wird, kommt er mit den elastischen Bauteile 126, 128 in Kontakt. Nach dem Kontakt des zweiten Kolbens 108 mit den elastischen Bauteilen 126, 128 steht die Beziehung zwischen dem Pedalhub  $S$  und der Pedalreaktionskraft in erster Linie unter dem Einfluß der Merkmale der zweiten Feder 116 und der Federkonstante der elastischen Bauteile 126, 128.

Die Federkonstante der elastischen Bauteile 126, 128 steigt mit zunehmender elastischer Verformung der elastischen Bauteile 126, 128 an. Wenn die Federkonstante der elastischen Bauteile 126, 128 relativ klein ist, hängt die Beziehung zwischen dem Pedalhub  $S$  und der Pedalreaktionskraft im wesentlichen von den Merkmalen der zweiten Feder 116 ab. Daher basiert die Beziehung zwischen dem Pedalhub  $S$  und der Pedalreaktionskraft, unmittelbar nachdem der zweite Kolben 108 mit den elastischen Bauteilen 126, 128 in Kontakt gekommen ist, in erster Linie auf den Merkmalen der zweiten Feder 116. Mit zunehmender Verschiebung des zweiten Kolbens 108 wechselt die Beziehung zwischen dem Pedalhub  $S$  und der Pedalreaktionskraft allmählich und stetig zu der Beziehung, die vorliegt, nachdem der zweite Kolben 108 sein Hubende erreicht hat.

Der Brems-hubsimulator 120 in dieser Ausführungsform ermöglicht somit einen allmählichen und stetigen Wechsel der Beziehung zwischen dem Pedalhub  $S$  und der Pedalreaktionskraft von der Beziehung, die von den Merkmalen der ersten Feder 106 bestimmt wird, zu der Beziehung, die von den Merkmalen der zweiten Feder 116 bestimmt wird, und von der Beziehung, die von den Merkmalen der zweiten Feder 116 bestimmt wird, zu der Beziehung, die vorliegt, nachdem der zweite Kolben 108 sein Hubende erreicht hat. Mit dem Brems-hubsimulator 120 kann daher ein gutes Bremsgefühl ohne eine starke Änderung der Pedalreaktionskraftänderungsrate geschaffen werden.

Unter Bezugnahme auf Fig. 7 wird nun eine dritte Ausführungsform der Erfindung beschrieben. Fig. 7 zeigt eine Schnittansicht des Brems-hubsimulators 130 gemäß der drit-

ten Ausführungsform. Die mit jenen Bauteilen in Fig. 2 vergleichbaren Bauteile sind in Fig. 7 mit denselben Bezugszeichen bezeichnet und werden nicht mehr erläutert.

Der Bremschubsimulator 130 in dieser Ausführungsform hat eine manschettenartige Dichtung 132 vom Typ eines Rückschlagventils, die am ersten Kolben 96 angeordnet ist. Die Dichtung 132 besteht aus einem elastischen Material. Wenn der Hauptzylinderdruck  $P_{MC}$  in der Hauptdruckkammer 98 ansteigt, wird die Dichtung 132 radial nach außen elastisch verformt, wodurch die Abdichtung zwischen dem ersten Kolben 96 und dem Gehäuse 94 verbessert wird.

Bei einer Bremsvorrichtung, in der der Bremschubsimulator 130 verwendet wird, strömt das Bremsfluid in Abhängigkeit vom Pedalhubs in die Hauptdruckkammer 98. Wenn das Bremsfluid in die Hauptdruckkammer 98 strömt, wird der erste Kolben 96 zum Verschußstopfen 114 hin geschoben, wobei die Dichtung 132 in engem Kontakt mit dem Gehäuse 94 steht. In diesem Stadium herrscht in der Hauptdruckkammer 98 der Hauptzylinderdruck  $P_{MC}$  entsprechend der Summe aus der Druckkraft der ersten Feder 106 oder der zweiten Feder 116, die den ersten Kolben 96 mit Druck beaufschlagt, und dem Gleitwiderstand zwischen der Dichtung 132 und dem Gehäuse 94.

Wenn der Pedalhubs  $S$  im Fall der Bremsvorrichtung, in der der Bremschubsimulator 130 verwendet wird, abnimmt, strömt das Bremsfluid aus der Hauptdruckkammer 98 zum Hauptzylinder. Mit dem Ausströmen des Bremsfluids aus der Hauptdruckkammer 98 wird der erste Kolben 96 in seine Ausgangsstellung geschoben, wobei die Dichtung 132 in engem Kontakt mit dem Gehäuse 94 steht. In diesem Stadium herrscht in der Hauptdruckkammer 98 ein Hauptzylinderdruck  $P_{MC}$  entsprechend einer Kraft, die erhalten wird, indem der Gleitwiderstand zwischen der Dichtung 132 und dem Gehäuse 94 von der Druckkraft der ersten Feder 106 oder der zweiten Feder 116, die den ersten Kolben 96 mit Druck beaufschlagt, subtrahiert wird.

Im Fall des Bremschubsimulators 130 wirkt sich der Gleitwiderstand zwischen der Dichtung 132 und dem Gehäuse 94 auf den Hauptzylinderdruck  $P_{MC}$  aus, wie es vorstehend beschrieben wurde. Daher besteht bei einer Bremsvorrichtung, in der der Bremschubsimulator 130 verwendet wird, die Tendenz, daß der Hauptzylinderdruck  $P_{MC}$ , d. h. die Pedalreaktionskraft, während einer Zunahme des Pedalhubs  $S$  relativ hoch bzw. groß und während einer Abnahme des Pedalhubs  $S$  relativ niedrig bzw. klein wird.

Im Fall des Bremschubsimulators 130 in dieser Ausführungsform weist die Kennlinie der Pedalreaktionskraft zwischen einer Zunahme und einer Abnahme des Pedalhubs  $S$  somit eine Hysterese auf. Die Hysterese der in Kennlinie der Pedalreaktionskraft nimmt mit einer Verringerung des Gleitwiderstands zwischen der Dichtung 132 und dem Gehäuse 94 ab. Die Dichtung 132 wird in dieser Ausführungsform elastisch radial nach außen hin verformt, wodurch während einer Zunahme des Pedalhubs  $S$  der enge Kontakt mit dem Gehäuse 94 verbessert wird. Zwischen der Dichtung 132 und dem Gehäuse 94 entsteht daher ein großer Gleitwiderstand. Während einer Abnahme des Pedalhubs  $S$  erfolgt eine elastische Verformung der Dichtung 132 radial nach innen. Daher wird der Gleitwiderstand zwischen der Dichtung 132 und dem Gehäuse 94 auf einen relativ geringen Wert verringert.

Der Bremschubsimulator 92 in der ersten Ausführungsform ist mit dem O-Ring 100 zum Erzielen einer Abdichtung zwischen dem ersten Kolben 96 und dem Gehäuse 94 versehen, wie vorstehend beschrieben wurde. Der O-Ring 100 erzeugt während einer Zunahme wie auch während einer Abnahme des Pedalhubs  $S$  im wesentlichen den gleichen Gleitwiderstand. Daher ist es wahrscheinlich, daß der

Bremschubsimulator 92 in der ersten Ausführungsform eine relative starke Hysterese in der Kennlinie der Pedalreaktionskraft aufweist.

Die Dichtung 132 in der dritten Ausführungsform ist so ausgestaltet, daß die Dichtung 132, wenn sie sich elastisch radial nach außen verformt, einen Gleitwiderstand erzeugt, der im wesentlichen dem äquivalent ist, der durch den O-Ring 100 in der ersten Ausführungsform erzeugt wird, und, wenn sie sich elastisch radial nach innen verformt, einen Gleitwiderstand erzeugt, der wesentlich kleiner ist als der, den der O-Ring 100 erzeugt. Folglich erzeugt der Bremschubsimulator 130 in der dritten Ausführungsform, während einer Abnahme des Pedalhubs  $S$  eine größere Pedalreaktionskraft als der Bremschubsimulator 92 in der ersten Ausführungsform. Mit dem Bremschubsimulator 130 läßt sich somit die zwischen einer Zunahme und einer Abnahme des Pedalhubs  $S$  auftretende Hysterese in der Kennlinie der Pedalreaktionskraft vermindern. Daher wird mit dem Bremschubsimulator 130 in der dritten Ausführungsform ein besseres Bremsgefühl erzielt.

Unter Bezugnahme auf Fig. 8 wird nun eine vierte Ausführungsform der Erfindung beschrieben. Fig. 8 zeigt eine Schnittansicht des Bremschubsimulators 140 gemäß der vierten Ausführungsform. Die mit jenen Bauteilen in Fig. 2 vergleichbaren Bauteile sind in Fig. 8 mit denselben Bezugszeichen bezeichnet und werden nicht mehr erläutert.

Der Bremschubsimulator 140 in dieser Ausführungsform weist im Gehäuse 94 einen als dritten Kolben 142 und vierten Kolben 144 auf. Der dritte Kolben 142 ist im vierten Kolben 144 verschiebbar angeordnet. Der vierte Kolben 144 weist eine abgestuften Abschnitt 145 auf, der die Verschiebung des dritten Kolbens 142 begrenzt. Der dritte Kolben 142 kann gemäß der Darstellung in Fig. 8 relativ zum vierten Kolben 144 so lange nach links verschoben werden, bis er den abgestuften Abschnitt 145 kontaktiert.

Die Stirnfläche 147 des dritten Kolbens 142 wie auch die Stirnfläche 149 des vierten Kolbens 144 sind dem Druck in der Hauptdruckkammer 98 ausgesetzt. Die dem Druck in der Hauptdruckkammer 98 ausgesetzte Stirnfläche 147 des dritten Kolbens 142 weist eine Querschnittsfläche  $A_3$  auf. Die dem Druck in der Hauptdruckkammer 98 ausgesetzte Stirnfläche 149 des vierten Kolbens 144 weist eine Querschnittsfläche  $A_4$  auf. Wenn in der Hauptdruckkammer 98 der Hauptzylinderdruck  $P_{MC}$  herrscht, nehmen der dritte Kolben 142 und der vierte Kolben 144 jeweils die in Fig. 8 nach links wirkende Kraft  $F_3$  bzw.  $F_4$  auf, die sich durch  $F_3 = P_{MC} \cdot A_3$  bzw.  $F_4 = P_{MC} \cdot A_4$  ausdrücken lassen.

Der dritte Kolben 142 ist mit einem O-Ring 146 und einem Stützring 148 versehen. Der O-Ring 146 dichtet den Spalt zwischen dem dritten Kolben 142 und dem vierten Kolben 144 ab. Der vierte Kolben 144 ist mit einer manschettenartigen Dichtung 150 vom Typ eines Rückschlagventils versehen. Die Dichtung 150 dichtet den Spalt zwischen dem vierten Kolben 144 und dem Gehäuse 94 ab.

Ein Verschußstopfen 152 ist im Gehäuse 94 eingepaßt, um dadurch eine Rücklaufkammer 112 zu schließen. Zwischen dem Verschußstopfen 152 und dem vierten Kolben 144 ist eine Schraubenfeder 154 angeordnet. Die Schraubenfeder 154 erzeugt eine Kraft, die den vierten Kolben 144 vom Verschußstopfen 152 weg drückt. Der dritte Kolben 142 und der vierte Kolben 144 werden zum Verschußstopfen 152 hin geschoben, wenn der Hauptzylinderdruck  $P_{MC}$  in der Hauptdruckkammer 98 ansteigt und über die Druckkraft der Schraubenfeder 154 überwiegt.

Der Verschußstopfen 152 weist einen Kolbenanschlag 156 auf. In Fig. 8 sind der dritte Kolben 142 und der vierte Kolben 144 in ihren Ausgangsstellungen angeordnet. Der Bremschubsimulator 140 ist so ausgestaltet, daß, wenn sich



der dritte Kolben 142 und der vierte Kolben 144 in ihren Ausgangsstellungen befinden, zwischen dem dritten Kolben 142 bzw. dem vierten Kolben 144 und dem Kolbenanschlag 156 ein Spalt G3 oder G4 ( $> G3$ ) von einer bestimmten Größe ausgebildet ist, wie es in Fig. 8 gezeigt ist. Der dritte Kolben 142 und der vierte Kolben 144 können so lange zum Verschußstopfen 152 hin geschoben werden, bis sie jeweils den Kolbenanschlag 156 kontaktieren. Daher können der dritte Kolben 142 bzw. der vierte Kolben 144 aus ihren jeweiligen Ausgangsstellungen heraus um die bestimmte Strecke G3 bzw. G4 zum Verschußstopfen 152 hin geschoben werden.

Im Fall einer Bremsvorrichtung, in der der Bremshubsimulator 140 in dieser Ausführungsform verwendet wird, strömt das Bremsfluid während einer Zunahme des Pedalhubs S in die Hauptdruckkammer 98. Wenn das Bremsfluid in die Hauptdruckkammer 98 strömt, werden der dritte Kolben 142 und der vierte Kolben 144 zum Verschußstopfen 152 hin geschoben. In diesem Stadium läßt sich die Beziehung zwischen der Bremsfluidmenge  $Q_{MC}$ , die in die Hauptdruckkammer 98 strömt, und der Verschiebung L des dritten Kolbens 142 und des vierten Kolbens 144 wie folgt ausdrücken:

$$Q_{MC} = L \cdot (A_3 + A_4) \quad (1)$$

In der Annahme, daß die Größe der elastischen Verformung der Schraubenfeder 154 so groß ist wie die Verschiebung L, läßt sich die Beziehung zwischen der Verschiebung L und dem Hauptzylinderdruck  $P_{MC}$  unter Verwendung der Federkonstante K der Schraubenfeder 154 mit der folgenden Gleichung ausdrücken:

$$K \cdot L = P_{MC} \cdot (A_3 + A_4) \quad (2)$$

Mit den Gleichungen (1) und (2) kann die Beziehung zwischen der eingeströmten Bremsfluidmenge  $Q_{MC}$  und dem Hauptzylinderdruck  $P_{MC}$  wie folgt ausgedrückt werden:

$$P_{MC} = K \cdot Q_{MC} / (A_3 + A_4)^2 \quad (3)$$

Zwischen der eingeströmten Bremsfluidmenge  $Q_{MC}$  und dem Pedalhub S existiert eine im wesentlichen proportionale Beziehung. Unter Verwendung der Gleichung (3) kann die Beziehung zwischen dem Pedalhub S und dem Hauptzylinderdruck  $P_{MC}$  somit wie folgt ausgedrückt werden:

$$P_{MC} = \{K' / (A_3 + A_4)^2\} \cdot \delta S \quad (4)$$

wobei  $K'$  eine Konstante ist, die durch eine Multiplikation der Federkonstante K der Schraubenfeder 154 mit dem Proportionalitätsfaktor zwischen dem Pedalhub S und eingeströmten Bremsfluidmenge  $Q_{MC}$  erhalten wird.

Im Fall des Bremshubsimulators 140 in dieser Ausführungsform existiert somit die durch Gleichung (4) ausgedrückte Beziehung zwischen dem Hauptzylinderdruck  $P_{MC}$  und dem Pedalhub S für den Fall, daß der dritte Kolben 142 und der vierte Kolben 144 mit einer Änderung des Pedalhubs S verschoben werden, d. h. für den Fall, daß die Verschiebung L des dritten Kolbens 142 und des vierten Kolbens 144 kleiner ist als der bestimmte Abstand G3.

Im Fall der Bremsvorrichtung, in der der Bremshubsimulator 140 in dieser Ausführungsform verwendet wird, kontaktiert der dritte Kolben 142 den Kolbenanschlag 156, wenn der Pedalhub S eine bestimmte Größe erreicht. Nach dem Kontakt des dritten Kolbens 142 mit dem Kolbenanschlag 156 kann der dritte Kolben 142 selbst dann nicht mehr weiter verschoben werden, wenn die einströmende

Bremsfluidmenge  $Q_{MC}$  mit einer Zunahme des Pedalhubs S ansteigt. Daher wird nach dem Kontakt des dritten Kolbens 142 mit dem Kolbenanschlag 156 nur noch der vierte Kolben 144 weiter verschoben, wenn der Pedalhub S weiter zunimmt.

In einem Bereich, in dem mit einer Zunahme des Pedalhubs S nur noch eine weitere Verschiebung L des vierten Kolbens 144 möglich ist, läßt sich die Beziehung zwischen der eingeströmten Bremsfluidmenge  $Q_{MC}$  und der Verschiebung L des vierten Kolbens 144 wie folgt ausdrücken:

$$Q_{MC} = G_3 \cdot A_3 + L \cdot A_4 \quad (5)$$

In der Annahmen daß die Größe der elastischen Verformung der Schraubenfeder 154 so groß ist wie die Verschiebung L des vierten Kolbens 144, kann die Beziehung zwischen der Verschiebung L und dem Hauptzylinderdruck  $P_{MC}$  unter Verwendung der Federkonstante K der Schraubenfeder 154 mit der folgenden Gleichung ausgedrückt werden:

$$K \cdot L = P_{MC} \cdot A_4 \quad (6)$$

Mit den Gleichungen (5) und (6) läßt sich die Beziehung zwischen der eingeströmten Bremsfluidmenge  $Q_{MC}$  und dem Hauptzylinderdruck  $P_{MC}$  wie folgt ausdrücken:

$$P_{MC} = K \cdot (Q_{MC} - G_3 \cdot A_3) / A_4^2 \quad (7)$$

Zwischen der eingeströmten Bremsfluidmenge  $Q_{MC}$  und dem Pedalhub S existiert eine im wesentlichen proportionale Beziehung. Unter Verwendung der Gleichung (7) kann daher die Beziehung zwischen dem Pedalhub S und dem Hauptzylinderdruck  $P_{MC}$  wie folgt ausgedrückt werden:

$$P_{MC} = (K' / A_4^2) \cdot \delta S - P_0 \quad (8)$$

wobei  $K'$  eine Konstante ist, die durch Multiplikation der Federkonstante K der Schraubenfeder 154 mit dem Proportionalitätsfaktor zwischen dem Pedalhub S und der eingeströmten Bremsfluidmenge  $Q_{MC}$  erhalten wird, und  $P_0$  eine Konstante darstellt, die durch  $P_0 = K \cdot G_3 \cdot A_3 / A_4^2$  ausgedrückt werden kann.

Im Fall des Bremshubsimulators 140 in dieser Ausführungsform ändert sich der Hauptzylinderdruck  $P_{MC}$  mit einer Änderung des Pedalhubs S im Bereich eines relativ kleinen Pedalhubs S mit einem relativ kleinen Gradienten  $K' / (A_3 + A_4)^2$ . Im Bereich eines relativ großen Pedalhubs S ändert sich der Hauptzylinderdruck  $P_{MC}$  mit einer Änderung des Pedalhubs S unter einem relativ großen Gradienten  $K' / A_4^2$ . Mit dem Bremshubsimulator 140 kann daher eine nicht lineare Beziehung zwischen dem Pedalhub S und der Pedalreaktionskraft erhalten werden, die derjenigen nicht linearen Beziehung ähnlich ist, die mit der normalen Bremsvorrichtung erhalten wird.

Die Kennlinie des Bremshubsimulators 140 in dieser Ausführungsform wird in erster Linie durch die Merkmale des dritten Kolbens 142, der Merkmale des vierten Kolbens 144 und der Merkmale der Schraubenfeder 154 bestimmt. Abweichungen in den Merkmalen der Schraubenfeder 154 lassen sich während deren Herstellung relativ einfach auf einen kleinen Bereich reduzieren. Daher gewährleistet der Bremshubsimulator 140 in dieser Ausführungsform eine gleichbleibende Produktqualität ohne starke Abweichungen unter den Kennlinien einzelner Bremshubsimulatoren.

Im Fall der vierten Ausführungsform wird eine nicht lineare Pedalreaktionskraftkennlinie erhalten, indem nur eine einzige Schraubenfeder 154 verwendet wird, die den dritten Kolben 142 und den vierten Kolben 144 mit Druck beauf-

schlägt, und indem der Abstand G3 zwischen dem dritten Kolben 142 und dem Kolbenanschlag 156 und den Abstand G4 zwischen dem vierten Kolben 144 und dem Kolbenanschlag 156 verschieden ist. Die Erfindung ist jedoch nicht auf diese Ausführungsform beschränkt. Es können verschiedene andere Maßnahmen getroffen werden, damit der Hauptzylinderdruck  $P_{MC}$ , unter dessen Wirkung der dritte Kolben 142 sein Hubende erreicht, von dem Hauptzylinderdruck  $P_{MC}$ , unter dessen Wirkung der vierte Kolben 144 sein Hubende erreicht, abweicht. Beispielsweise wäre es ebenso möglich, den dritten Kolben und vierten Kolben unabhängig voneinander vorzusehen und Federn mit verschiedenen Federkonstanten zu verwenden, die jeweils den dritten Kolben bzw. den vierten Kolben mit Druck beaufschlagen.

Die Erfindung wurde vorstehend unter Bezugnahme auf die bevorzugten Ausführungsformen beschrieben; es wird jedoch darauf hingewiesen, daß die Erfindung nicht auf die offenbarten Ausführungsformen beschränkt ist. Vielmehr soll die Erfindung verschiedene Modifikationen und äquivalente Anordnungen abgedeckt werden.

Die Erfindung betrifft somit einen Bremschubsimulator zum Erhalt eines guten Betätigungsgefühls bei einer Fahrzeugbremsvorrichtung. Der Bremschubsimulator weist einen im Ansprechen auf einen Hauptzylinderdruck verschiebbaren ersten Kolben sowie einen in einem Abstand vom ersten Kolben angeordneten zweiten Kolben auf. In einem weiteren Abstand vom zweiten Kolben ist ein Verschlussstopfen angeordnet. Zwischen dem ersten Kolben und dem zweiten Kolben ist eine erste Feder angeordnet, durch die die Kolben voneinander weg gedrückt werden. Zwischen dem Verschlussstopfen und dem zweiten Kolben ist eine zweite Feder angeordnet, durch die der zweite Kolben vom Verschlussstopfen weg gedrückt wird. Mit dem erfindungsgemäßen Bremschubsimulator läßt sich eine geringere herstellungsbedingte Abweichung unter den Kennlinien einzelner Bremschubsimulatoren erreichen.

#### Patentansprüche

1. Bremschubsimulator (92) zur Verwendung mit einem Hauptzylinder (12), gekennzeichnet durch:  
einen ersten Kolben (96), der im Ansprechen auf einen Druck ( $P_{MC}$ ) aus dem Hauptzylinder (12) um eine erste Strecke (G1) und eine zweite Strecke (G2) verschiebbar ist;  
einen zweiten Kolben (108), der zusammen mit dem ersten Kolben (96) um die zweite Strecke (G2) verschiebbar, nachdem der erste Kolben (96) um die erste Strecke (G1) verschoben worden ist;  
eine erste Feder (106), die den ersten Kolben (96) vom zweiten Kolben (108) weg drückt;  
eine zweite Feder (116), die den zweiten Kolben (108) zum ersten Kolben (96) hin drückt; sowie  
ein elastisches Bauteil (122, 124), das in einer Kontaktposition zwischen dem ersten Kolben (96) und dem zweiten Kolben (108) angeordnet ist.
2. Bremschubsimulator (92) nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch des weiteren:  
ein Gehäuse (94), in dem der erste Kolben (96) angeordnet ist, sowie  
eine zwischen dem ersten Kolben (96) und dem Gehäuse (94) vorgesehene manschettenartige Dichtung (132) vom Typ eines Rückschlagventils, die eine aus dem Druck ( $P_{MC}$ ) aus dem Hauptzylinder (12) resultierende Leckage verhindert.
3. Bremschubsimulator (92) nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der erste Kolben (96) einen Rohrabchnitt (104) und der zweite Kolben (108)

einen im Rohrabchnitt (104) verschiebbar angeordneten Paßabchnitt (110) aufweist.

4. Bremschubsimulator (92) nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die erste Feder (106) im Rohrabchnitt (104) angeordnet ist.

5. Bremschubsimulator (140) zur Verwendung mit einem Hauptzylinder (12), gekennzeichnet durch:

einen ersten Kolben (142), der im Ansprechen auf einen Druck aus dem Hauptzylinder (12) bis zu seinem Hubende (G3) verschiebbar ist;

einen zweiten Kolben (144), der im Ansprechen auf einen Druck aus dem Hauptzylinder (12) bis zu seinem Hubende (G4) verschiebbar ist;

wenigstens eine Schraubenfeder (154), die den ersten Kolben (142) und den zweiten Kolben (144) zusammen in eine Richtung drückt, die der Richtung der durch den Druck aus dem Hauptzylinder (12) erzeugten Kraft entgegengerichtet ist, wobei der erste Kolben (142) und der zweite Kolben (144) jeweils in Richtung der unter der Wirkung des Drucks aus dem Hauptzylinder (12) erzeugten Kraft bis zum jeweiligen Hubende (G3, G4) verschiebbar sind; sowie

einen Kolbenanschlag (156), der in Bezug auf den ersten Kolben (142) und den zweiten Kolben (144) so angeordnet ist, daß der maximale Hub (G3) des ersten Kolben (142) kleiner ist als der maximale Hub (G4) des zweiten Kolbens (144),

wobei der Druck aus dem Hauptzylinder (12), unter dessen Wirkung der erste Kolben (142) bis zu seinem Hubende (G3) verschiebbar ist, sich von dem Druck aus dem Hauptzylinder (12) unterscheidet, unter dessen Wirkung der zweite Kolben (144) bis zu seinem Hubende (G4) verschiebbar ist.

6. Bremschubsimulator (140) nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß der erste Kolben (142) einen Rohrabchnitt und der zweite Kolben (144) einen im Rohrabchnitt verschiebbar angeordneten Paßabchnitt aufweist.

7. Bremschubsimulator (140) nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß der erste Kolben (142) verschiebbar im zweiten Kolben (144) angeordnet ist.

8. Bremschubsimulator (140) nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß der zweite Kolben (144) um eine erste Strecke (G3) und eine zweite Strecke (G4 - G3) verschiebbar ist, und daß der erste Kolben (142) zusammen mit dem zweiten Kolben (144) um die erste Strecke (G3) verschiebbar ist, bevor der zweite Kolben (144) um die zweite Strecke (G4 - G3) verschoben worden ist.

9. Bremssystem, gekennzeichnet durch:  
einen Bremschubsimulator (92, 140) nach Anspruch 1 oder 5,

einen Hauptzylinder (12), der einen Hauptzylinderdruck ( $P_{MC}$ ) entsprechend der Betätigung eines Bremspedals (10) erzeugt;

einen Druckgenerator (14), der einen Druck ( $P_{RB}$ ) in Höhe des Hauptzylinderdrucks ( $P_{MC}$ ) erzeugt, ein Druckumschaltsystem, das einem Radzylinder den Hauptzylinderdruck ( $P_{MC}$ ) oder den durch den Druckgenerator (14) erzeugten Druck ( $P_{RB}$ ) zuführt, sowie eine Fluidleitung, die den Radzylinder mit dem Hauptzylinder (12) verbindet,

wobei der Bremschubsimulator (92, 140) mit der den Radzylinder mit dem Hauptzylinder (12) verbindenden Fluidleitung in Verbindung steht und das Druckumschaltsystem auf derselben Seite des Bremschubsimulators (92, 140) vorgesehen ist wie der Radzylinder.

10. Bremssystem nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet,

zeichnet, daß der Bremshubsimulator (92, 140) nur den Hauptzylinderdruck ( $P_{MC}$ ) aufnimmt.

11. Verfahren zur Simulation eines Bremshubs, gekennzeichnet durch die folgenden Schritte:

Verschieben eines ersten Kolbens (96) um eine erste Strecke (G1) und eine zweite Strecke (G2) durch Aufbringen eines Drucks ( $P_{MC}$ ) aus einem Hauptzylinder (12),

nach dem Verschieben des ersten Kolbens (96) um die erste Strecke (G1), Verschieben eines zweiten Kolbens (108) zusammen mit dem ersten Kolben (96) um die zweite Strecke (G2),

Drücken des ersten Kolbens (96) in eine Richtung weg vom zweiten Kolben (108),

Drücken des zweiten Kolbens (96) in eine Richtung hin zum ersten Kolben (96), und

Aufbringen einer elastischen Kraft zwischen dem ersten Kolben (96) und dem zweiten Kolben (108).

12. Verfahren nach Anspruch 11, gekennzeichnet durch die weiteren Schritte:

Anordnen des ersten Kolbens (96) in einem Gehäuse (94), und

Verhindern einer aus dem Druck ( $P_{MC}$ ) aus dem Hauptzylinder (12) resultierenden Leckage zwischen dem ersten Kolben (12) und dem Gehäuse (94).

13. Verfahren zum Simulieren eines Bremshubs, gekennzeichnet durch die folgenden Schritte:

Verschieben eines ersten Kolbens (142) bis zum Ende eines ersten Hubs (G3) durch Aufbringen eines ersten Drucks aus einem Hauptzylinder (12),

Verschieben eines zweiten Kolbens (144) bis zum Ende eines zweiten Hubs (G4) durch Aufbringen eines zweiten Drucks aus dem Hauptzylinder (12),

Drücken des ersten Kolbens (142) und des zweiten Kolbens (144) in eine Richtung, die der Richtung einer unter der Wirkung des Drucks aus dem Hauptzylinder (12) erzeugten Kraft entgegengerichtet ist,

Begrenzen des Hubs des ersten Kolbens (142) so, daß der Hub des ersten Kolbens (142) kleiner ist als der Hub des zweiten Kolbens (144), und

Zusammendrücken des ersten Kolbens (142) und des zweiten Kolbens (144),

wobei der erste Druck sich von dem zweiten Druck unterscheidet.

---

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

---

FIG. 1

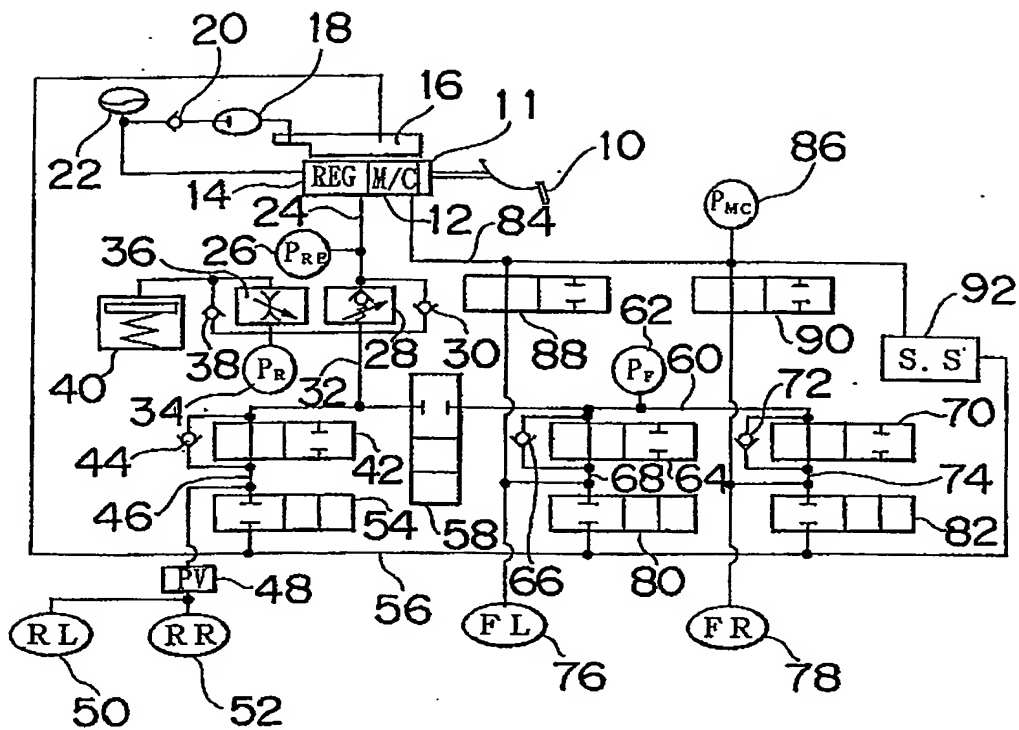


FIG. 2

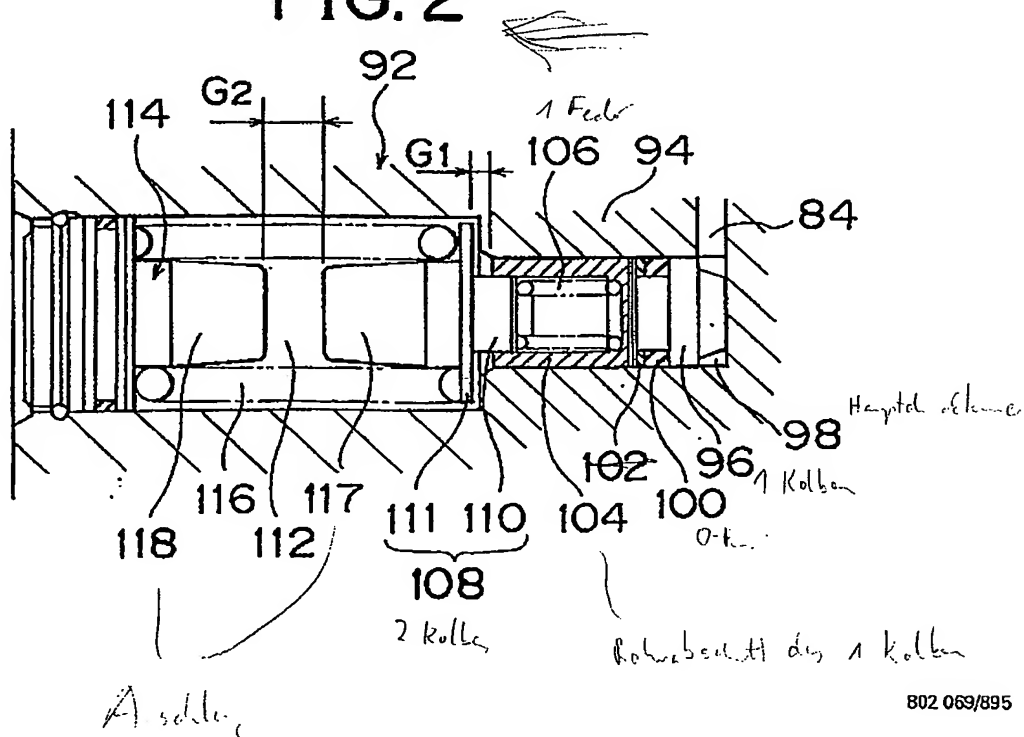


FIG. 3

STAND DER TECHNIK

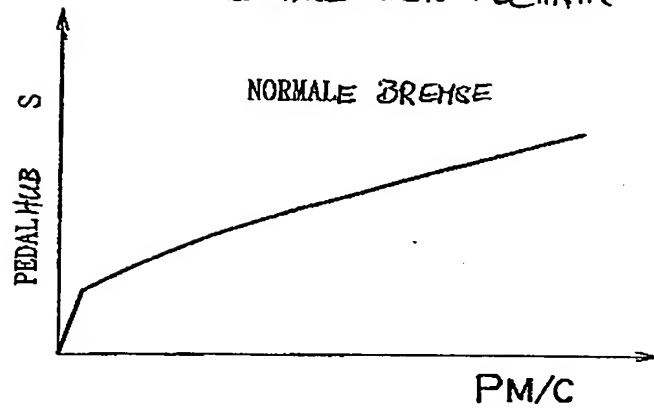


FIG. 4

STAND DER TECHNIK

HUBSIMULATOR  
(EINE FEDERSTUFE)

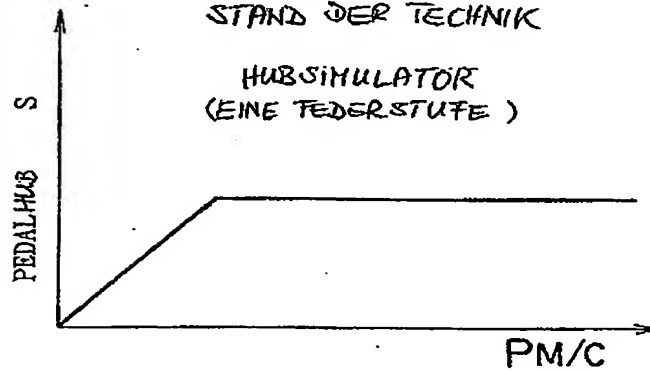


FIG. 5

HUBSIMULATOR  
(ZWEI FEDERSTUFEN)

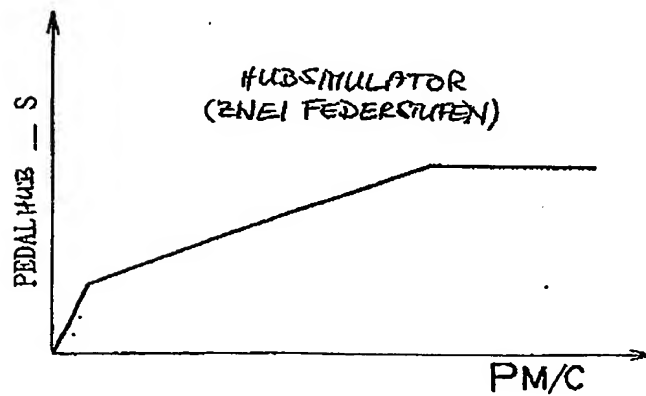




FIG. 6

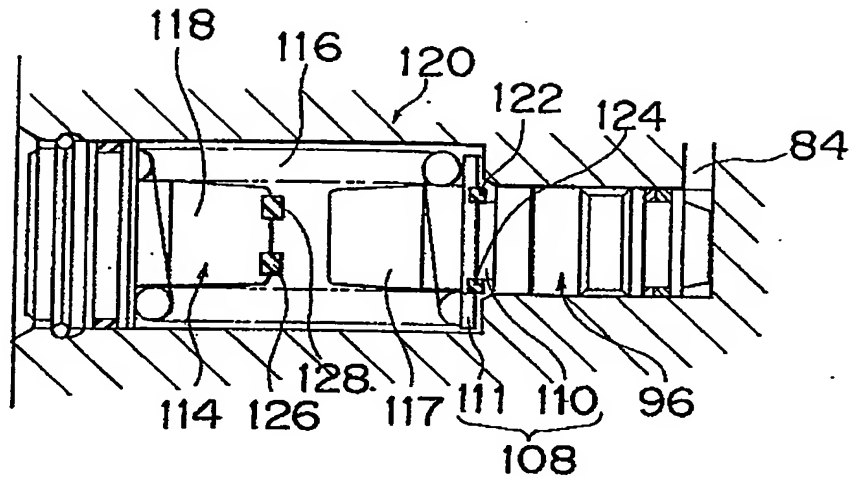


FIG. 7

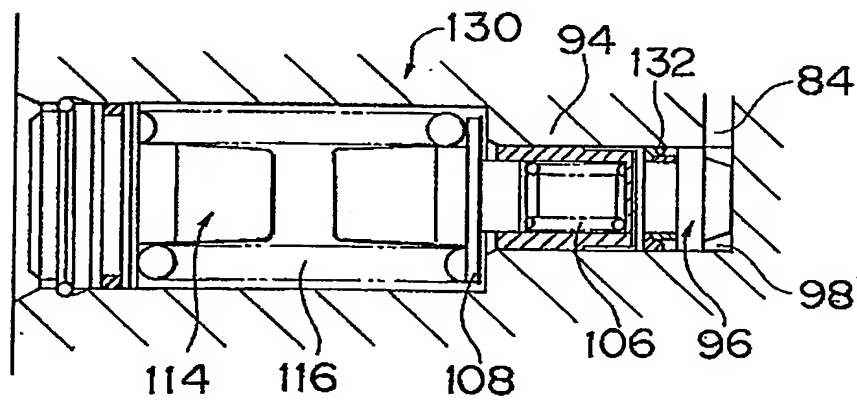


FIG. 8

